

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-332354

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/18
G03F 7/20
G03F 7/24
H01L 21/027
H01S 5/20

(21)Application number : 11-142727

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 24.05.1999

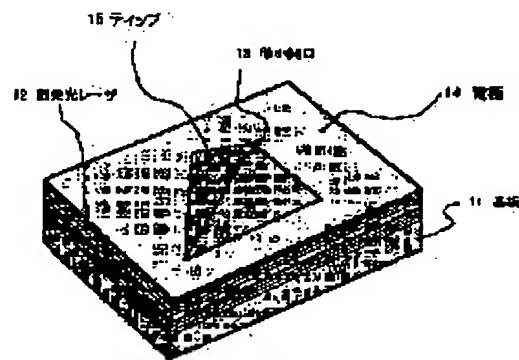
(72)Inventor : UCHIDA MAMORU
KURODA AKIRA

(54) SEMICONDUCTOR NEAR-FIELD LIGHT SOURCE, MANUFACTURE THEREOF AND NEAR-FIELD OPTICAL SYSTEM USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor near-field light source which is highly efficient and can be arrayed and easily fabricated, a method of manufacturing the same and a near-field optical system using the same.

SOLUTION: This semiconductor near-field light source has a compound semiconductor layer in a surface emission laser structure 12 on a compound semiconductor substrate 11, a compound semiconductor layer 15 in a trigonal pyramid structure on the compound semiconductor layer surface, and a micro aperture 13 in an oscillated wavelength order or smaller of the surface emission laser in the vicinity of an apex of the trigonal pyramid structure. Light oscillated by the surface emission laser is guided to the micro aperture 13 so that near-field light is generated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.11.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-332354

(P2000-332354A)

(43)公開日 平成12年11月30日(2000.11.30)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 S 5/18		H 0 1 S 5/18	2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 5	G 0 3 F 7/20	5 0 5 5 F 0 4 6
	7/24		H 5 F 0 7 3
H 0 1 L 21/027		H 0 1 S 5/20	
H 0 1 S 5/20		H 0 1 L 21/30	5 2 7
		審査請求 未請求 請求項の数21	OL (全 11 頁)

(21)出願番号	特願平11-142727	(71)出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成11年5月24日(1999.5.24)	(72)発明者	内田 譲 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
		(72)発明者	黒田 亮 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
		(74)代理人	100086483 弁理士 加藤 一男

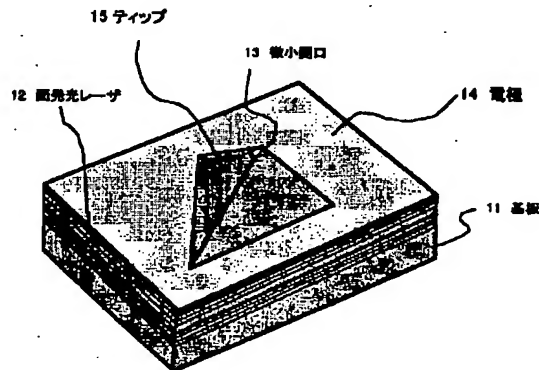
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体近接場光源、その製造方法、及びこれを用いた近接場光学システム

(57) 【要約】

【課題】高効率で、アレイ化可能で、作製の容易な半導体近接場光源、その製造方法、及びこれを用いた近接場光学システムである。

【解決手段】半導体近接場光源は、化合物半導体基板 11 上に、面発光レーザ構造 12 の化合物半導体層を有し、化合物半導体層表面に三角錐構造の化合物半導体層 15 を有し、三角錐構造の頂点近傍に面発光レーザの発振波長オウダ以下の微小開口 13 を有する。面発光レーザの発振光が微小開口 13 に導かれて近接場光を発生する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】化合物半導体基板上に、面発光レーザ構造の化合物半導体層を有し、該化合物半導体層表面に三角錐構造の化合物半導体層を有し、該三角錐構造の頂点近傍に該面発光レーザの発振波長オーダ以下の微小開口を有し、該面発光レーザの発振光が該微小開口に導かれて近接場光を発生することを特徴とする半導体近接場光源。

【請求項 2】(111)面を有する化合物半導体基板上に、層厚方向に積層された一对の半導体多層膜反射鏡及び活性層を少なくとも含む面発光レーザ構造が結晶成長され、前記三角錐構造は、該結晶表面に正三角形の基板露出面を有する誘電体膜を形成し、該誘電体膜を選択成長マスクとして用いることで、前記露出面にのみ選択的に形成されたものであることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体近接場光源。

【請求項 3】前記正三角形の基板露出面の 1 辺が〈-110〉方向に沿う様に設定されていることを特徴とする請求項 2 に記載の半導体近接場光源。

【請求項 4】前記面発光レーザ構造は、III-VN 材料を含む活性層を有することを特徴とする請求項 1、2 または 3 に記載の半導体近接場光源。

【請求項 5】前記三角錐構造は、前記微小開口を除いて、電極と光シールド膜を兼ねる金属膜で覆われていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の半導体近接場光源。

【請求項 6】前記微小開口は、前記三角錐構造を頂点まで完全に形成した後、この頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、ドライエッチング、収束イオンビームなどで頂点付近の金属及び半導体を除去して形成された発振波長オーダ以下の微小開口であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の半導体近接場光源。

【請求項 7】前記微小開口は、前記三角錐構造を頂点まで完全に形成した後、この頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、塩素などのエッチングガス中で、該面発光レーザを発光させながら、光熱励起エッチングを行うことで頂点付近に形成された発振波長オーダ以下の微小開口であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の半導体近接場光源。

【請求項 8】前記微小開口は、前記三角錐構造が頂点を形成する前に結晶成長を停止し、発振波長オーダ以下の微小開口を開けてから、該微小開口を含む頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、ドライエッチングなどにより頂点付近のみ該金属を除去して前記微小開口を露出させることで形成された発振波長オーダ以下の微小開口であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の半導体近接場光源。

【請求項 9】前記微小開口は、前記三角錐構造が頂点を形成する前に結晶成長を停止し、発振波長オーダ以下の

微小開口を開けてから、該微小開口を含む頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、塩素などのエッチングガス中で、該面発光レーザを発光させながら、光熱励起エッチングを行うことで頂点付近のみ該金属を除去して前記微小開口を露出させることで形成された発振波長オーダ以下の微小開口であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の半導体近接場光源。

【請求項 10】前記微小開口は、前記三角錐構造を複数の化合物半導体層で形成し、少なくとも微小開口を形成する頂点付近の材料と他の部分の材料が異なるよう成長し、成長後、該頂点付近の材料を選択的に除去することで形成された発振波長オーダ以下の微小開口であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の半導体近接場光源。

【請求項 11】請求項 1 乃至 10 の何れかに記載の半導体近接場光源の製造方法であって、(111)面を有する化合物半導体基板上に、層厚方向に積層された一对の半導体多層膜反射鏡及び活性層を少なくとも含む面発光レーザ構造を結晶成長する工程と、該結晶表面に正三角形の基板露出面を有する誘電体膜を形成し、該誘電体膜を選択成長マスクとして用いることで、前記露出面にのみ三角錐構造を選択的に形成する工程と、該三角錐構造の頂点近傍に面発光レーザの発振波長オーダ以下の微小開口を作製する工程を有することを特徴とする半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 12】前記正三角形の基板露出面の 1 辺が〈-110〉方向に沿う様に設定されることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 13】前記活性層は、III-VN 材料を含んで成膜されることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 14】前記三角錐構造を、電極と光シールド膜を兼ねる金属膜で覆う工程を有することを特徴とする請求項 11、12 または 13 に記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 15】前記微小開口を作製する方法が、前記三角錐構造を頂点まで完全に形成した後、この頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、ドライエッチング、収束イオンビームなどで頂点付近の金属及び半導体を除去して発振波長オーダ以下の微小開口を開ける工程を有することを特徴とする請求項 11 乃至 14 の何れかに記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 16】前記微小開口を作製する方法が、前記三角錐構造を頂点まで完全に形成した後、この頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、塩素などのエッチングガス中で、該面発光レーザを発光させながら、光熱励起エッチングを行うことで頂点付近に発振波長オーダ以下の微小開口を開ける工程を有することを特徴とする請求項 11 乃至 14 の何れかに記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 17】前記微小開口を作製する方法が、前記三角錐構造が頂点を形成する前に結晶成長を停止し、発振波長オーダ以下の微小開口を開ける工程と、該微小開口を含む頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、ドライエッチングなどにより頂点付近のみ該金属を除去して前記微小開口を露出させる工程を有することを特徴とする請求項 11 乃至 14 の何れかに記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 18】前記微小開口を作製する方法が、前記三角錐構造が頂点を形成する前に結晶成長を停止し、発振波長オーダ以下の微小開口を開ける工程と、該微小開口を含む頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、塩素などのエッチングガス中で、該面発光レーザを発光させながら、光熱励起エッチングを行うことで頂点付近のみ該金属を除去して前記微小開口を露出させる工程を有することを特徴とする請求項 11 乃至 14 の何れかに記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 19】前記微小開口を作製する方法が、少なくとも微小開口を形成する頂点付近の材料と他の部分の材料が異なるよう結晶成長して前記三角錐構造を複数の化合物半導体層で形成する工程と、該結晶成長後、該頂点付近の材料を選択的に除去して発振波長オーダ以下の微小開口を形成する工程を有することを特徴とする請求項 11 乃至 14 の何れかに記載の半導体近接場光源の製造方法。

【請求項 20】同一平面上にアレイ化された請求項 1 乃至 10 の何れかに記載の半導体近接場光源、及び該半導体近接場光源が独立又はマトリクス駆動可能になる様に形成された電極を有し、該半導体近接場光源アレイに近接配置した被加工物に対し、高密度に且つ高速に加工、露光、記録或は読み取りなどの作業を行うことを特徴とする近接場光学システム。

【請求項 21】曲面形状の基板に接合或は接着されたアレイ化された請求項 1 乃至 10 の何れかに記載の半導体近接場光源、及び該半導体近接場光源が独立又はマトリクス駆動可能になる様に形成された電極を有し、該半導体近接場光源アレイに近接配置した曲面を有する被加工物に対し、高密度に且つ高速に加工、露光、記録或は読み取りなどの作業を行うことを特徴とする近接場光学システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、超高分解顕微鏡や超高分解フォトリソグラフィなどに用いることができる半導体近接場光源の構造、その製造方法、及びこれを用いた近接場光学システムに関する。

【0002】

【従来の技術】光を利用して波長以下の分解能で測定及び加工を可能にする近接場光学系及びその応用システムが、近年、活発に提案されている。

【0003】これらに用いられる近接場光発生装置は幾つかの例がある。例えば、ファイバプローブ (S. Mononobe et al. Applied Optics 36, 1496 (1997)) は、コアに GeO_2 を分布を持たせドーピングした石英ファイバを選択的にエッチングして、微小突起及び微小開口を形成するものである。極めて細い開口のピンホールが作製できるだけでなく、不純物分布を制御することで多段階構造にできることから、微小開口近傍の光強度の減衰率を小さくすることが出来る。よって、近接場発生効率を高くすることが出来る。

【0004】反面、生産性が低く、特に、今後多くのアプリケーションで必須と思われるアレイ化に対しては適していないことや、開口形状に自由度が少ないなど、将来的には問題が多い。

【0005】また、半導体プロセスを用いてアレイ化を考慮した例として、特開平 5-100168 号公報に開示されたもの (図 9 参照) がある。この文献には、「面発光レーザの活性層 805 上に電極中央部にホトリソグラフィにより形成された波長同等以下のピンホール 813 が開けられており、このピンホールからエバネッセント光が放射される」と記載されているのみで、具体的なデバイス構造や製作方法については記載されていない。また、効率良く近接場光を取り出す方法も述べられていないため、現実的な構成とはいえない。尚、図 9 において、801 はレーザ基板、802 はバッファ層、803 は半導体多層膜ミラー、804、808、809 は電流狭窄用半導体層、806 はクラッド層、807 はコンタクト層、810 は絶縁層、812 はレーザ電極である。

【0006】さらに、シリコンウエハ上にウェットエッチングを用いて微小開口ティップを作製する方法も提案されている (R. C. Davis and C. C. Williams; Applied Physics Letters, 66, 2309 (1995)、図 10 参照)。図 10 において、シリコンウエハ上にピラミッド構造が形成され (a)、ティップが酸化により先鋭化される (b)。その後、ティップの頂点近くの酸化部を除いて、フォトレジストが成膜され (c)、ティップの頂点近くの酸化部がエッチングされる (d)。そして、Al が全面に成膜された後に、ティップの頂点近くのみ Al がエッチングされて微小開口が形成される (e)。

【0007】この方法は、2 次元アレイ光源と 2 次元アレイ微小開口を独立に作製できるメリットはあるが、位置合わせが別途必要になったり、ウェットエッチングそのものの不安定性により微小開口の歩留まりが大きく左右されるという欠点を持っている。

【0008】よって、本発明の目的は、高効率で、アレイ化可能で、作製の容易な半導体近接場光源の構造、その製造方法、及びこれを用いた近接場光学システムを提

供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の半導体近接場光源は、化合物半導体基板上に、面発光レーザ構造の化合物半導体層を有し、該化合物半導体層表面に三角錐構造の化合物半導体層を有し、該三角錐構造の頂点近傍に該面発光レーザの発振波長オーダ以下の微小開口を有し、該面発光レーザの発振光が該微小開口に導かれて近接場光を発生することを特徴とする。

【0010】この基本構成に基づいて下記の如き態様が可能である。(111)面を有する化合物半導体基板上に、層厚方向に積層された一対の半導体多層膜反射鏡及び活性層を少なくとも含む面発光レーザ構造が結晶成長され、前記三角錐構造は、該結晶表面に正三角形の基板露出面を有する誘電体膜を形成し、該誘電体膜を選択成長マスクとして用いることで、前記露出面にのみ選択的に形成されたものである。このとき、前記正三角形の基板露出面の1辺が〈-110〉方向に沿う様に設定されている。

【0011】また、前記面発光レーザ構造は、III-VN材料(III族及びV族からなる化合物半導体材料のうち、V族材料としてN(窒素)を含むものを本明細書ではこう表記する)を含む活性層を有する。この効果については、後述の実施例の説明中に述べられている。

【0012】前記三角錐構造は、前記微小開口を除いて、電極と光シールド膜を兼ねる金属膜で覆われている。この効果についても、後述の実施例の説明中に述べられている。

【0013】前記微小開口は以下の様な方法で作製され得る。第1に、前記微小開口は、前記三角錐構造を頂点まで完全に形成した後、この頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、ドライエッチング、収束イオンビームなどで頂点付近の金属及び半導体を除去して形成された発振波長オーダ以下の微小開口である(後述する第1実施例参照)。

【0014】第2に、前記微小開口は、前記三角錐構造を頂点まで完全に形成した後、この頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、塩素などのエッチングガス中で、該面発光レーザを発光させながら、光熱励起エッチングを行うことで形成された発振波長オーダ以下の微小開口である(後述する第2実施例参照)。

【0015】第3に、前記微小開口は、前記三角錐構造が頂点を形成する前に結晶成長を停止し、発振波長オーダ以下の微小開口を開けてから、該微小開口を含む頂点付近が他に比べ薄くなるように金属を蒸着した後、ドライエッチングなどにより頂点付近のみ該金属を除去して前記微小開口を露出させることで形成された発振波長オーダ以下の微小開口である。この場合、前記微小開口は、金属を蒸着した後、塩素などのエッチングガス中で、該面発光レーザを発光させながら、光熱励起エッチ

ングを行うことで頂点付近のみ該金属を除去して前記微小開口を露出させることで形成されてもよい(後述する第2実施例の説明箇所参照)。

【0016】第4に、前記微小開口は、前記三角錐構造を複数の化合物半導体層で形成し、少なくとも微小開口を形成する頂点付近の材料と他の部分の材料が異なるよう成長し、成長後、該頂点付近の材料を選択的に除去することで形成された発振波長オーダ以下の微小開口である(後述する第3実施例参照)。

【0017】更に、上記目的を達成する本発明の半導体近接場光源の製造方法は、(111)面を有する化合物半導体基板上に、層厚方向に積層された一対の半導体多層膜反射鏡及び活性層を少なくとも含む面発光レーザ構造を結晶成長する工程と、該結晶表面に正三角形の基板露出面を有する誘電体膜を形成し、該誘電体膜を選択成長マスクとして用いることで、前記露出面にのみ三角錐構造を選択的に形成する工程と、該三角錐構造の頂点近傍に面発光レーザの発振波長オーダ以下の微小開口を作製する工程を有することを特徴とする。

【0018】本発明の半導体近接場光源の製造方法においても、この基本構成に基づいて下記の如き態様が可能である。前記正三角形の基板露出面の1辺が〈-110〉方向に沿う様に設定される。前記活性層は、III-VN材料を含んで成膜される。前記三角錐構造を、電極と光シールド膜を兼ねる金属膜で覆う工程を有する。また、前記微小開口は上記の如き方法で作製され得る。

【0019】更に、上記目的を達成する本発明の近接場光学システムは、同一平面上にアレイ化された上記の半導体近接場光源、及び該半導体近接場光源が独立或はマトリクス駆動可能になる様に形成された電極を有し、該半導体近接場光源アレイに近接配置した被加工物に対し、高密度に且つ高速に加工、露光、記録或は読み取りなどの作業を行うことを特徴としたり、曲面形状の基板に接合(接着材を用いないで圧着される)或は接着(接着材を用いる)されたアレイ化された上記の半導体近接場光源、及び該半導体近接場光源が独立或はマトリクス駆動可能になる様に形成された電極を有し、該半導体近接場光源アレイに近接配置した曲面を有する被加工物に対し、高密度に且つ高速に加工、露光、記録或は読み取りなどの作業を行うことを特徴とする。

【0020】

【作用】本発明は、典型的には、III-V族化合物半導体が成長条件によって大幅に成長速度の面方位依存性が大きくなることを利用し、同一基板上に面発光レーザと微小開口タイプを化合物半導体で集積して作製するものである。

【0021】図1は、同一基板11上に形成された微小開口13を有する面発光レーザ12の構造を模式的に示したものである。化合物半導体基板11上に面発光レーザ構造12を成長した後、選択成長マスクを介して層方

10

20

30

40

50

向にレーザ波長に対し透明な半導体層を選択再成長すると、基板温度とIII族V族ソースなどの結晶成長条件で成長速度の面方位依存性を利用することにより、三角形で囲まれた三角錐構造15（ティップとも略記する）を得ることが出来る。素子表面上には、ほぼ全面に電極14が形成されている。

【0022】三角錐構造のティップ15を持つ面発光レーザ12は、頂点付近に光が集中するため、頂点付近に微小開口13を作製すれば極めて高効率の近接場発光光源が実現できる。微小開口13はドライエッチングなどでも作製できるが、微小開口位置を発振ビームでセルフアライン方式で特定できれば、さらに高効率で近接場光が発生できる。

【0023】面発光レーザの作製プロセスによれば、2次元アレイ化が容易なため、平面に高密度に近接場光源を配置できる。また、エピタキシャルリフトオフ等のプロセスを適用すれば、曲面にも近接場光源をアレイ化して配置できる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面に沿って説明する。

【0025】〔第1実施例〕本発明の第1の実施例は、2回の成長でティップを作る例に係る。図2は本実施例の製造工程を説明する模式図である。図2に沿って本実施例の作製方法を説明しつつ構造を説明する。

【0026】(1) VCSEL (vertical cavity surface emitting laser) 構造成長

先ず、例えば図2(a)のように、n型(111)B面GaAs基板101全面に、面発光レーザ構造をエピタキシャル成長する。

【0027】このときの層構造は以下の通りである。n型AlAs/GaAs層多層膜反射層103、AlGaAs/GaInNAs MQW活性層104、p型AlAs/GaAs層多層膜反射層105及びp型AlGaAsキャップ層106を積層する(図2(a))。本実施例の場合、活性層104にAlGaAs/GaInNAs MQW構造(V族元素にNを含むIII-V半導体材料から成る活性層)を用いているが、以下の2つの観点による。

【0028】1つは、GaAs基板101を用いていながら発振波長が長波長化(本実施例では1.3μm)でき、微小開口を作製する上で、0.6μmや0.8μmなどの短波光源に比べ、許容度が大きい。

【0029】第2に、近接場光源同士の近接配置を可能にすることである。後述するように、半導体近接場光源は2次元的にアレイを配置できるだけでなく、物理的には数10μm間隔で近接配置することも可能である。しかし、実際の配置間隔は、熱、電気及び光のクロストークで決まる。特に熱に関しては、低消費電力及び温度特

性に優れた(周囲温度が変化しても特性が変わりにくいこと)レーザ構造を選ぶことが必要である。井戸が深いGaInNAs/AlGaAs MQW活性層104を用いた面発光レーザはこの要求を満たすものである。これ以外のもの、例えば、1.3μm帯で通常用いられているInGaAsP/InGaAs系の面発光レーザでは、消費電力及び温度特性両方が悪いと、熱的クロストークによる特性の低減が無視できず、このような近接配置に適用するレーザ構造としては好ましくない。

【0030】無論、用途に応じて波長は任意に選択してよい。例えば、GaInN/AlGaN MQWを活性層に選べば300nm帯の波長を選べるし、AlGaAs/GaAs MQWを活性層に選べば800nm帯の波長を選ぶことが出来る。本実施例の場合、発振波長に合わせp型及びn型多層膜層103、105の層厚や組成も最適化してある。

【0031】(2) 選択成長マスク製作

成長基板101上に、1辺が5μmの正三角形の基板露出面を持つSiO₂膜(厚さ約200nm)102を形成する。この際、三角形の1辺が〈-110〉方向に沿うように設定する(断面図である図2(b)及び平面図である図2(c)参照)。

【0032】(3) 選択成長による面発光レーザ構造作製

MOCVDやCBEなどのガスソース系結晶成長法では、面方位に依存して選択的に結晶成長面を得ることが出来る。そこで、前記選択成長マスク102を作製した基板上に、MOCVDあるいはCBEなどを用いて選択的に面発光レーザの発振波長よりもバンドギャップが大きい半導体層106、例えばp型AlGaAs、を積層する。

【0033】高温低砒素圧下(例えば、基板温度750℃、V族III族比5)で成長することにより、露出面だけに(110)ファセットからなる三角錐構造(ティップ)106をエピタキシャルに形成することが出来る。このティップ106は、3つの面からなる頂点部(各面の角度約100度)を形成すると、成長は自動的に停止するため、この方法は極めて制御性が高い。

【0034】また、近接場発光光源の設計面からは、頂点部が3面で構成されるため、4面以上で形成される頂点部より先端の開口径を小さくすることができ、近接場光源としての分解能を上げるのに有効な構造となっている。

【0035】(4) 電極形成

選択マスク102を除去し、三角錐ティップ106及び成長基板の表面全体を覆うように、p型電極(例えばTi/Pt/Au膜)108を形成する。このとき、スパッタ或は電子ビーム蒸着などを用いた斜め蒸着法やマスク蒸着法などを用いることで、Ti/Pt/Au膜108は頂点付近のみ薄く成膜することが可能である(図2

(d))。Ti/Pt/Au膜108のそれぞれの厚さは、斜面部で50nm/50nm/200nm程度であり、頂点部ではその半分程度である。この金属膜108は、正電極の機能及び内部で発生した光のシールド膜の機能の両方を兼ねている。また、基板101裏面には負電極109を形成した(図2(d))。

【0036】(4) 微小開口作製

微小開口110を作製するためには、RIEなどを用いることが有効である。具体的には、金属膜108がTi/Pt/Auの場合、まず、Ar-RIEを用いて基板101に対して垂直にArプラズマを照射することで、先端部のAu及びPtを除去することが出来る。これは先端部の金属膜108が最も薄いためである。

【0037】次に、CF₄-RIEでTiのみを選択的にエッチングし、先端部の半導体ティップ106を露出させ、さらにAr-RIEあるいは収束イオン(例えば、ガリウム)ビームでAlGaAs層106をエッチングすることで、開口径100nm程度の微小開口110を形成することが出来る(図2(e))。

【0038】次に本実施例の動作原理について説明する。正電極108と負電極109の間に電圧をかけ、数mAの電流を流すことにより、p型多層膜105及びn型多層膜103を介して活性層104にキャリアが注入され、しきい電流密度に至ると面に垂直な方向に発振を開始する。発振光の波長は空气中で1300nmに設定してあるが、レーザ内では、半導体積層構造の屈折率との関係で約400nmである。

【0039】発振光はティップ106を介して微小開口110に至ると、近接場成分のみが開口から染み出し、他の光は、一部、共振器で吸収されるが、大部分は活性層104に戻り、再利用される。この様に、微小開口110以外の斜面に到達した光は金属膜108で反射されて、結局、活性層104に吸収され再び発振に寄与するため、単に面発光レーザの表面に微小開口を形成しただけの場合に比べて、極めて利用効率が高くなっている。

【0040】〔第2実施例〕本発明の第2の実施例は、正三角錐状に半導体層を成長してから頂点部に下記のセルフアライン方式で微小開口を開ける例に係る。第1実施例の微小開口形成法は、工程は簡単であるが、微小開口の形成プロセスの終点(半導体層106のエッチングの終点)を確認するには、時間制御で行う必要があった。本実施例は、微小開口形成プロセス工程は増えるが、確実に微小開口作製を行うとともに、さらに高性能の近接場光発生光源を実現できる例である。

【0041】図3はその作製工程を示す模式的断面図である。図3において、図2に示す部分と同一の機能部分は同一の符号で示す。

【0042】選択成長による面発光レーザ構造作製工程(3)までは第1実施例と同様である(図3(a))。

工程(4)において、サンプルをドライエッチングチャ

ンバ200に装填する(図3(b))。このとき、例えば、塩素ガス雰囲気201中で該面発光レーザに通電して発振状態にすることで、発振光203の光密度が高い頂点部分のみ塩素によるエッチングが進行し(光熱アシスト効果)、微小開口204が形成される(図2(c))。このプロセスの終点検出は、近接場プロープで行ってもよいし(形成される微小開口204から染み出す近接場光をプロープで検出する)、時間制御で行ってもよい。

【0043】また、半導体106の三角錐の頂点部が完全に形成される前に、頂面に微小開口204が形成されたとき、成長を停止して、金属膜108を全体にカバーした後、上記のドライエッチングを行ってもよい。このときは金属108のみがエッチングされる条件を選べばよい。

【0044】本実施例特有の効果として下記の効果がある。

(1) 近接場発生効率が高い光源を容易に作製できる。従来、微小開口から漏れ出す近接場光の取り出し効率は 10^{-5} 程度であるが、本実施例では 10^{-3} 程度に飛躍的に改善される。

【0045】(2) 発振によるセルフアラインで開口個所を設定できるため、プロセスが容易である。

(3) 微小開口形成プロセスの終点を容易に確認できる。

(4) 駆動時の電流を制御することで、任意の開口形ないし径を制御性良く作製できる。

(5) 光源をアレイ化した場合に各光源の駆動電流を制御することで、それぞれに独立に開口(例えば、径の異なる所望の微小開口)を作製できる。

(6) 発振光の偏光やニアフィールドパターンに応じた形状の微小開口を開けられる。これにより、例えば、使用時の発振光の偏光に応じて微小開口から近接場光が出たり出なかったりできる。

【0046】〔第3実施例〕本発明の第3の実施例は、ティップの微小開口になるべき部分のみにAlAsを積層する例に係る。ティップの構造を変更することでプロセスをさらに容易にすることが出来る。

【0047】図4は本実施例の製法を説明する模式的断面図である。図4において、図2に示す部分と同一の機能部分は同一の符号で示す。第1実施例における工程

(1)及び(2)は第3実施例と共通である。図4

(a)において、ティップを選択再成長する際、ティップの大部分を例えばGaAs106aで形成し、微小開口位置に相当する頂点部のみAlAs106bとする。

【0048】成長後、ウェットエッチングでAlAs層106bのみをエッチングすることで、微小開口110を作製することが出来る(図4(b))。これ以降の工程は前述のいずれかの実施例のものを用いればよい。

【0049】本実施例特有の効果として下記の効果があ

る。

(1) 微小開口110の大きさを結晶成長で作製するので、極めて制御性が高い。

(2) 選択マスク102の形状を制御することで、微小開口110の形状や大きさを制御できる。

【0050】〔第4実施例〕第4実施例は、本発明の近接場光源をアレイ化した例に係る。図5は第4の実施例を説明する模式的平面図である。図5において、502は2次元アレイ状に並べられた微小開口501を有する面発光レーザであり、503は各面発光レーザ502をマトリクス態様（電圧のかけられた行と列の電極配線が交差する所のレーザ502が励起される態様）で駆動する為のマトリクス配線であり、504はマトリクス配線503を施した基板である。基板504は、面発光レーザ502を成長した基板そのものを用いてもよい。

【0051】ここでは、各デバイス502を50 μ m間隔で4 \times 4=16個2次元アレイ状に配置した例を示したが、間隔やレイアウトはこれに限るものではない。

【0052】本実施例の動作は、例えば、縦・横（行・列）の電極それぞれに電気信号を印加することで、或る時間に1つの近接場光源502を選択的に駆動できる。ここではマトリクス配線503の例を示したが、独立配線で各面発光レーザ502を独立に駆動する方法も、無論、可能である。

【0053】図6には、この様な近接場光源アレイの実際の使用の一例を示した。正面図である図6において、601は基板上の該近接場光源アレイであり、602はこのアレイ601を支え、機械移動するための支持体であり、603は被加工物或はサンプルである。

【0054】例えば、サンプル603が、レジストを塗布したサンプルとすると、近接場光源アレイ601を近接して近づけることにより、100nm以下の分解能を有するレジストパターンを高速に露光することが出来る。また、603を回転する記録媒体としてみると、601及び602は光ピックアップとなり、やはり高速且つ高密度にデータを書き込み且つ読み出すことが出来る。

【0055】〔第5実施例〕第5実施例は、他の応用例として、曲面に本発明の近接場光源をアレイ化した例に係る。図7はその使用例を模式的に示したものである。一部正面図である図7において、701は本発明の近接場光源であり、702は、近接場光源701がアレイ状に配置されて貼り付けられた曲面形状を有する基板であり、703は、例えばボール状の、曲面形状を有する被加工物体である。

【0056】この様な配置を用いれば、第4実施例の平面のとくと同様に、曲面にも高速で高密度の記録或は加工が可能である。

【0057】近接場光源701を曲面に配置する方法について簡単に説明する。図8はその工程を示す模式的断

面図である。この方法はエピタキシャルリフトオフ法として知られている方法（例えば、Applied Physics 誌、51巻、2222ページ（1987年）参照）である。まず、(111)B面を有するGaAs基板900上にAlAs犠牲層（厚さ0.5 μ m）902及びGaAsバッファ層（厚さ1 μ m）を積層しておき、この基板を用いて第1乃至第3実施例のいずれかの方法で近接場光源アレイ901を作製する。このあと、犠牲層902を完全に貫くように、各レーザを分離する平面パターンで素子分離溝903を形成する（図8(a)）。

【0058】次に、ワックス905などを介して仮支持基板（例えばSi基板）904に近接場光源アレイ901を貼り付けたあと、HFなどを用いて、AlAs犠牲層902のみをエッチングして完全に基板900から各素子901を分離する（図8(b)参照）。そして、最終的な支持基板906に接合或は接着により近接場光源901を貼り付ける（図8(c)）。

【0059】支持基板906は、曲面形状をした固いものでもよいし、フレキシブルなフィルムな様なものでもよい。後者の場合、さらに所望の形状をした固い基板に貼り付けてもよい。何れの方法でも、図7に示したような基板702に支持された近接場光源アレイが実現できる。使用法は第4実施例と同じである。

【0060】

【発明の効果】以上説明した様に、本発明によれば以下の通りの効果が奏される。

- (1) 近接場光発生効率が高い光源を実現できる。
- (2) 近接場光発生用の微小開口を容易に作製できる。
- (3) 微小開口と半導体レーザを集積できる。
- (4) 駆動電流を制御することで、任意の開口径ないし形の近接場光発生用微小開口を作製できる（第2実施例参照）。
- (5) 同じく駆動電流を制御することで、近接場光源アレイにおいて夫々に独立に開口（径ないし形の異なる近接場光発生用微小開口）を作製できる（第2実施例参照）。
- (6) 平面でも曲面上でもアレイ化して近接場光源を配置できる（第4及び第5実施例参照）。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の半導体近接場光源（面発光レーザ）の模式的斜視図である。

【図2】図2は本発明の第1実施例の作製工程図である。

【図3】図3は本発明の第2実施例の作製工程を示す模式的断面図である。

【図4】図4は本発明の第3実施例の作製工程を示す模式的断面図である。

【図5】図5は本発明の第4実施例を示す模式的平面図である。

【図6】図6は本発明の第4実施例を示す模式的正面図である。

【図7】図7は本発明の第5実施例を示す模式的正面図である。

【図8】図8は本発明の第5実施例の作製工程例を示す模式的断面図である。

【図9】図9は従来例を説明する断面図である。

【図10】図10は従来例を説明する工程図である。

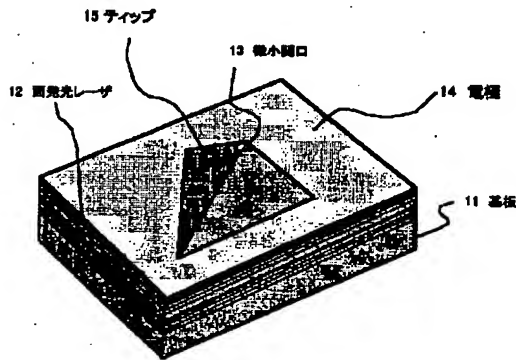
【符号の説明】

11、101、504、900 基板
12、502 近接場光源（面発光レーザ）
13、110、204、501 微小開口
14、108 正電極
15、106 ティップ
102 選択成長マスク
103、105 DBR（distributed
bragg reflector）多層膜

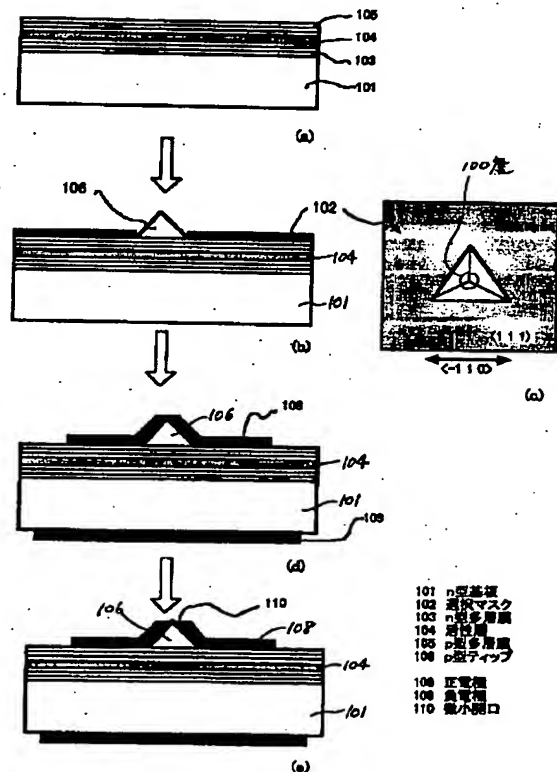
* 104 活性層
106 a GaAs層
106 b AlAs層
109 負電極
200 ドライエッチングチャンバ
201 塩素ガス雰囲気
202 通電装置
203 発振光
503 マトリクス配線
10 601、701、901 近接場光源アレイ
602、702、906 支持体（支持基板）
603、703 被加工物体
902 犠牲層
903 素子分離溝
905 ワックス
904 仮支持基板

*

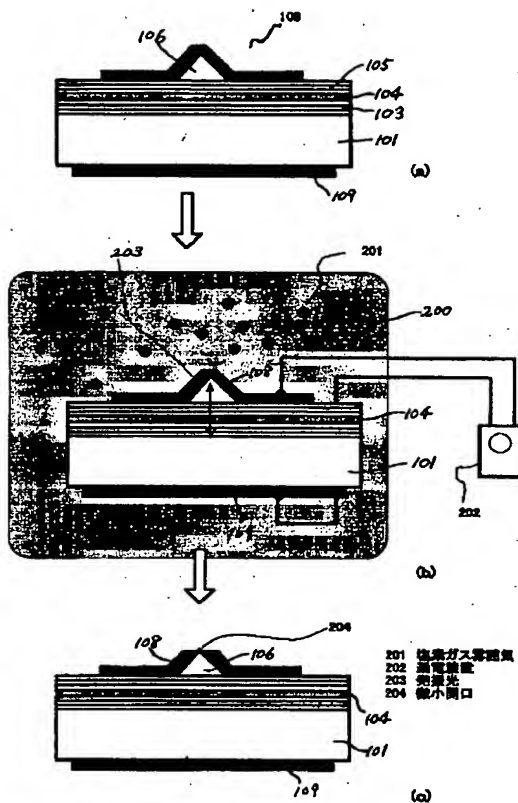
【図1】



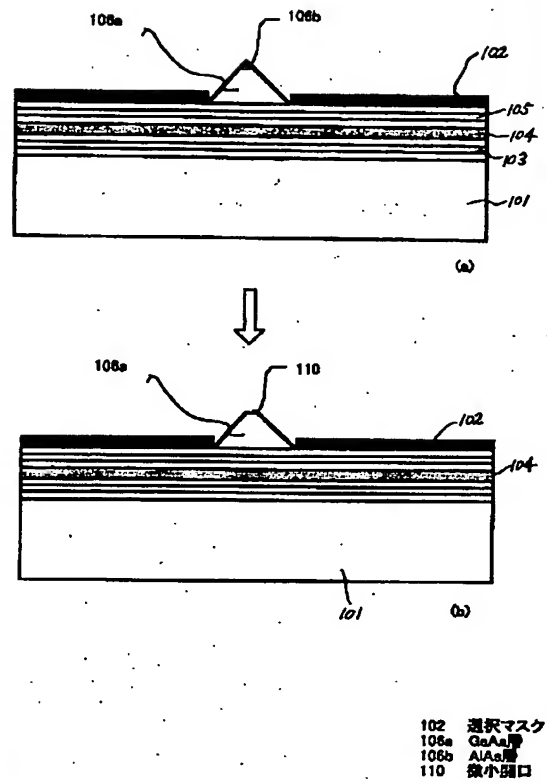
【図2】



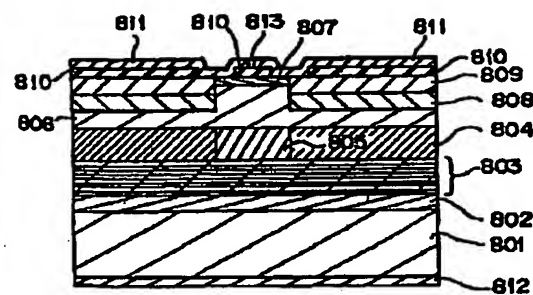
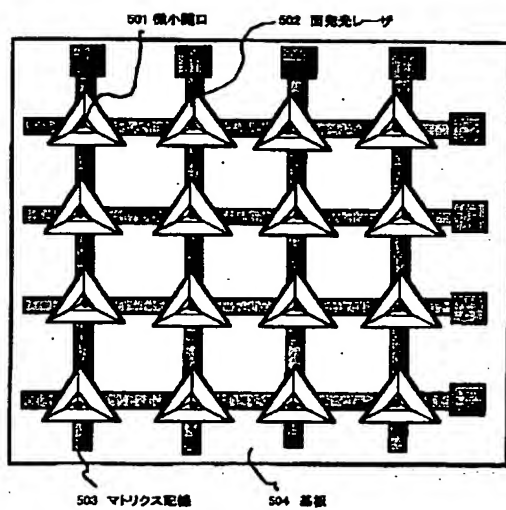
【図3】



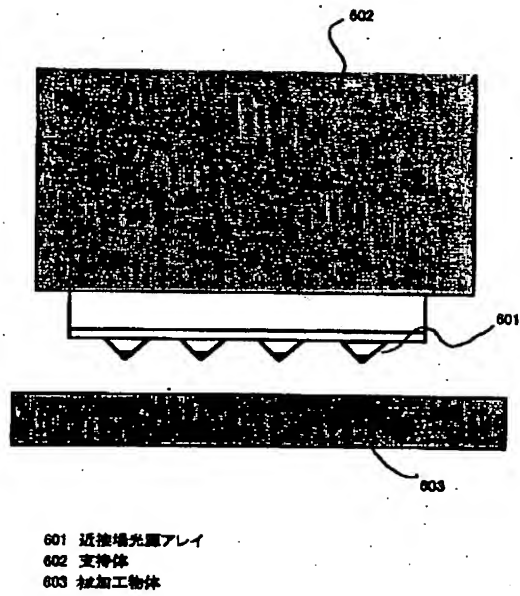
【図4】



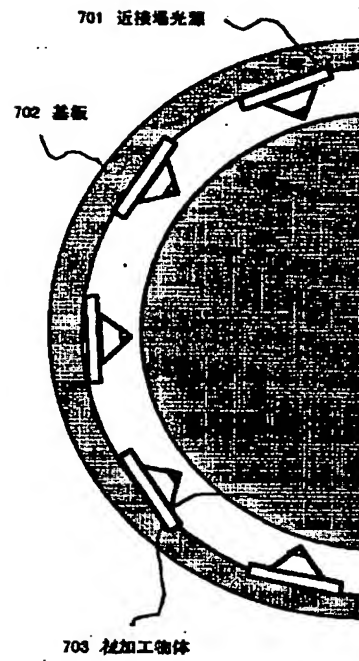
【図9】



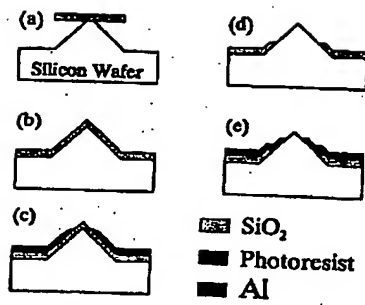
【図6】



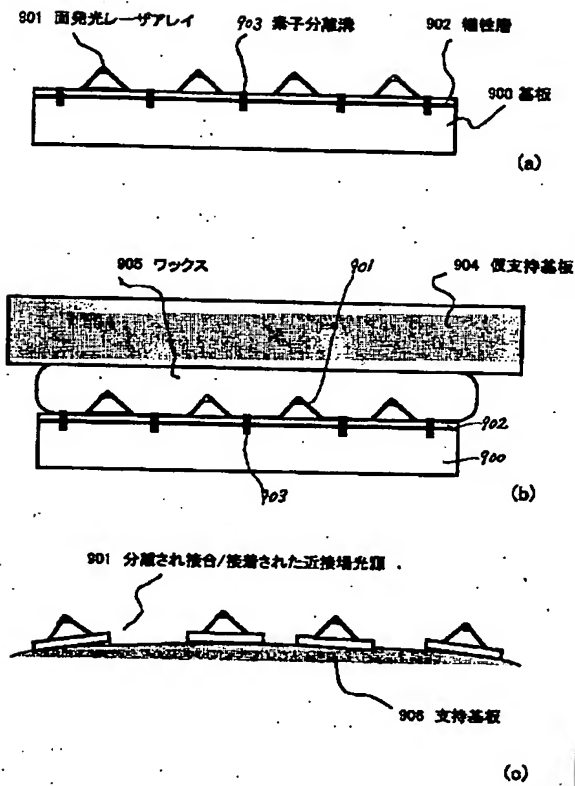
【図7】



【図10】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H097 AA16 CA03 CA17 GA45 LA10
 5F046 CA03 CA09 CA10
 5F073 AA61 AA74 AB17 CA01 CB05
 DA24 DA26 EA19 FA16 FA21